

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10083893 A**(43) Date of publication of application: **31.03.98**

(51) Int. Cl.

H05H 1/00**C23C 14/54****H01L 21/203****H01L 21/31****H05H 1/46**(21) Application number: **08257456**(71) Applicant: **SONY CORP**(22) Date of filing: **05.09.96**(72) Inventor: **KITAGAWA KOJI**

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA CONTROL AND METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA MEASUREMENT**

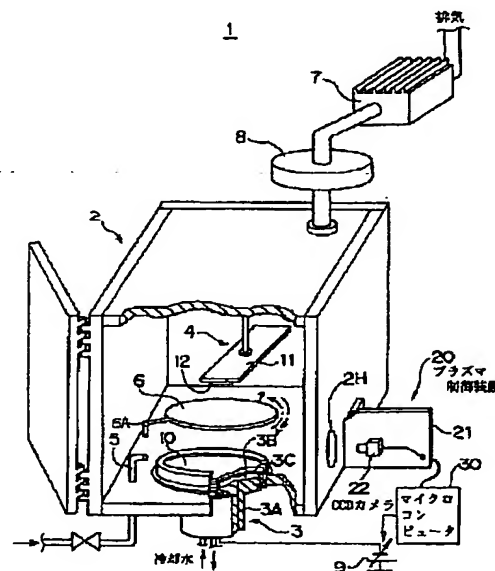
electrodes. Consequently, the plasma is stabilized and a film with high quality can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control the voltage value between a cathode and an anode and stabilize plasma by computing electron temperature of the plasma based on intensity ratio of light emitted out of atoms in the plasma generated between the electrodes.

SOLUTION: A cathode 3 on which a target 10 is mounted and an anode 4 comprising a substrate holder 11 having a wafer 12 are set on the opposite to each other in a vacuum chamber 2. Voltage is applied to both electrodes from an electric power source 9 and plasma is generated from Ar gas, etc., introduced into the chamber through a supply pipe 5. The target 10 is sputtered by the electrons of the plasma and a film is formed by depositing sputtered atoms on the wafer 12. In such as sputtering apparatus 1, the light emitting state of the plasma is photographed by a CCD camera 22 through a view port 2H and the electron temperature of the plasma is computed based on the light emission intensity ratio by a microcomputer 49. Based on the electron temperature, the electric power source 9 is controlled to control the potential difference between both



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-83893

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H 1/00			H 0 5 H 1/00	A
C 2 3 C 14/54			C 2 3 C 14/54	B
H 0 1 L 21/203			H 0 1 L 21/203	S
		21/31	21/31	D
H 0 5 H 1/46			H 0 5 H 1/46	A
審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 10 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-257456

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月5日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 北川 浩司

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号ソニー
株式会社内

(74) 代理人 弁理士 田辺 恵基

(54) 【発明の名称】 プラズマ制御方法及びその装置、並びにプラズマ測定方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、ウエハ表面に均一な皮膜を成膜し得るような常に安定した状態のプラズマを発生させるようにする。

【解決手段】本発明は、所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互いに対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマ中に存在する原子の発光による光の強度比率に基づいてプラズマの電子温度を算出し、当該電子温度に基づいて負極及び正極間に電位差を与えるための電圧値を制御することにより、常に安定した状態のプラズマを発生させることができ、かくしてウエハ表面に均一な皮膜を成膜することができる。

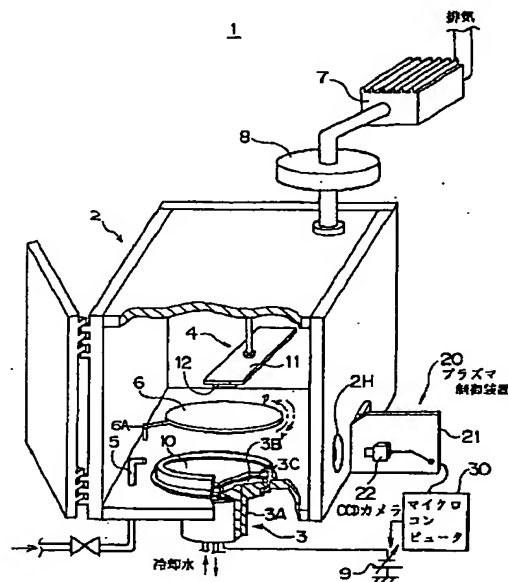


図1 スパッタ装置の構成

【特許請求の範囲】

【請求項1】所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互いに対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマの電子温度を制御するプラズマ制御方法において、

上記プラズマ中に存在する原子の発光による光の強度比率に基づいて上記プラズマの電子温度を算出する第1のステップと、

上記電子温度に基づいて上記負極及び正極間に電位差を与えるための電圧値を制御する第2のステップとを具えることを特徴とするプラズマ制御方法。

【請求項2】上記第1のステップでは、上記プラズマ中に存在する原子の発光による光を第1及び第2のスペクトルの波長にそれぞれ対応した第1及び第2波長選択透過膜を介して固体撮像素子に取り込み、当該固体撮像素子の出力から得られる画像上での光の強度比率に基づいて上記電子温度を算出することを特徴とする請求項1に記載のプラズマ制御方法。

【請求項3】所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互いに対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマの電子温度を制御するプラズマ制御装置において、

上記プラズマ中に存在する原子の発光による光を取り込む撮像手段と、

上記撮像手段で取り込んだ上記原子の発光による光の強度比率に基づいて上記プラズマの電子温度を算出すると共に、当該電子温度に基づいて上記負極及び正極間に電位差を与えるための電圧値を制御する制御手段とを具えることを特徴とするプラズマ制御装置。

【請求項4】上記撮像手段は、上記プラズマの発光による光を第1及び第2のスペクトルの波長にそれぞれ対応した第1及び第2波長選択透過膜を介して取り込む固体撮像素子でなり、上記制御手段は、上記固体撮像素子の出力から得られる画像上での光の強度比率に基づいて上記電子温度を算出することを特徴とする請求項3に記載のプラズマ制御装置。

【請求項5】所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互いに対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマ中に分散している原子の分布状態を測定するプラズマ測定方法において、

所定波長の光ビームを上記プラズマに照射し、当該プラズマ中に分散している上記原子を基底状態から励起させることにより生じる発光状態に基づいて上記プラズマ中に分散している上記原子の分布状態を測定することを特徴とするプラズマ測定方法。

【請求項6】上記反応ガスは複数種類の各種原子が混合された状態であり、当該各種原子にそれぞれ応じた波長

の光ビームを上記プラズマに照射することにより、上記各種原子を基底状態から励起させて生じるそれぞれの発光状態に基づいて上記各種原子の分布状態を測定することを特徴とする請求項5に記載のプラズマ測定方法。

【請求項7】所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互いに対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマ中に分散している原子の分布状態を測定するプラズマ測定装置において、

10 上記反応ガス中に分散している原子に応じた所定波長の光ビームを照射する光源と、

上記所定波長の光ビームを上記プラズマに照射し、当該プラズマ中に分散している上記原子を基底状態から励起させることにより生じる光を取り込む撮像手段と、
上記撮像手段の出力から得られる画像上での光の強度比率に基づいて上記プラズマ中に分散している上記原子の分布状態を測定する測定手段とを具えることを特徴とするプラズマ測定装置。

【請求項8】上記反応ガスは複数種類の各種原子が混合された状態であり、上記測定手段は上記反応ガス中に存在する各種原子にそれぞれ応じた波長の光ビームを上記プラズマに照射することにより、上記各種原子を基底状態から励起させて生じるそれぞれの発光状態に基づいて上記各種原子の分布状態を測定することを特徴とする請求項7に記載のプラズマ測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【目次】以下の順序で本発明を説明する。

発明の属する技術分野

30 従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

発明の実施の形態

(1) 第1実施例(図1～図5)

(2) 第2実施例(図6及び図7)

(3) 他の実施例(図8)

発明の効果

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ制御方法及びその装置、並びにプラズマ測定方法及びその装置に関し、例えばスパッタ装置においてプラズマの電子温度及び分布状態を算出してスパッタリングに最適なプラズマを発生させるプラズマ制御方法及びその装置、並びにプラズマ測定方法及びその装置に適用して好適なものである。

【0003】

【従来の技術】従来、スパッタ装置においては通常 10^{-7} [Torr]台の高真空に排気された真空チャンバ内に円板形状の金属塊(この場合はシリコン塊)でなるターゲットと加工対象であるウエハとを所定の距離を介して互いに

平行になるように配置し、当該真空チャンバ内にArでなる不活性ガスを供給する。そして、スパッタ装置はターゲットを陰極、ウエハを陽極として当該ターゲット及びウエハ間に約1000[V]程度の電位差を与えることによりプラズマを発生させる。これにより、スパッタ装置は真空チャンバ内のAr原子をイオン化させてターゲットに衝突させて当該ターゲット表面から飛び出したSi原子をウエハ表面に付着堆積させて成膜している。

【0004】このようなスパッタ装置では、通常真空チャンバ内に発生させたプラズマの状態が反応ガスの供給量や印加電圧によつて変化したり、またマグネトロン方式の場合に形成されるエロージョンリングによつて、ターゲットが均一に減らずにある偏りをもつて減つてしまう。このため、スパッタ装置ではターゲット表面の酸化あるいは窒化状態によつてウエハ表面に常に均一な皮膜を成膜できるとは限らなかった。そこで、スパッタ装置では真空チャンバ内に発生させたプラズマの発光強度をCCDカメラによつて検出することによりプラズマの状態をおおよそ推測し、推測したプラズマの状態に基づいて反応ガスの供給量や印加電圧を制御するようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところでかかる構成のスパッタ装置においては、プラズマの発光強度に基づいてプラズマの状態をおおよそ推測することはできたが、プラズマの電子温度を検出することはできなかった。従つて、スパッタ装置はプラズマの発光強度だけでは、ウエハ表面に均一な皮膜を成膜し得る安定した状態のプラズマを発生させるための明確な数値目標を設定することができず、プラズマを安定した状態に制御することが難しいという問題があつた。

【0006】また、スパッタ装置においてはプラズマの電子温度の分布状態に応じてウエハ表面の皮膜の膜質、結晶構造及び組成が変化する。ところが、従来のスパッタ装置ではプラズマの電子温度を検出できなかったために、均一な皮膜を成膜したときのプラズマの中心部分や外側部分等のあらゆる部分における電子温度の分布状態を検出することはできなかった。このため、スパッタ装置では均一な皮膜を成膜したときのプラズマの電子温度の状態（以下、これを基準温度分布と呼ぶ）に基づいて実際のプラズマの電子温度を基準温度分布に近づけるように印加電圧を制御することはできなかった。

【0007】さらに、スパッタ装置においてはスパッタリング時のプラズマ中に含まれているターゲットから飛び出したスパッタリング原子（Si原子）がプラズマ中をどのように分散しているかといったスパッタリング原子の分布状態を検出することはできなかった。このため、スパッタ装置ではウエハ表面に均一な皮膜を成膜し得る安定した状態のプラズマを発生させたときのスパッタリング原子の分布状態（以下、これを基準分布状態と

呼ぶ）に基づいて反応ガスの供給量及び印加電圧を制御することができず、かくして安定した状態のプラズマを常に発生させることはできないという問題があつた。

【0008】本発明は以上の点を考慮してなされたもので、ウエハ表面に均一な皮膜を成膜し得る常に安定した状態のプラズマを発生させるプラズマ制御方法及びその装置、並びにプラズマ測定方法及びその装置を提案しようとするものである。

【0009】

10 【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため本発明においては、所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互に対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマ中に存在する原子の発光による光の強度比率に基づいてプラズマの電子温度を算出し、当該電子温度に基づいて負極及び正極間に電位差を与えるための電圧値を制御することにより、常に安定した状態のプラズマを発生させる。

20 【0010】所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互に対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマに所定波長の光ビームを照射し、当該プラズマ中に分散している原子を基底状態から励起させることにより生じる発光状態に基づいてプラズマ中に分散している原子の分布状態を測定することにより、当該原子の分布状態に基づいて反応ガスの供給量あるいは負極及び正極間に電位差を与えるための電圧値を制御することができ。

【0011】

30 【発明の実施の形態】以下図面について、本発明の一実施例を詳述する。

【0012】（1）第1実施例

図1において1は全体としてスパッタ装置を示し、真空チャンバ2内にカソード（負極）3、アノード（正極）4及び当該カソード3とアノード4との間の空間にArの不活性ガス、及びO、あるいはN、等の反応ガスを供給するガス供給管5が設けられると共に、矢印p及びrに示す方向に軸6Aを中心として回転可能なシャッタ6が設けられている。また、スパッタ装置1はメカニカルポンプ7及びターボ分子ポンプ8を真空チャンバ2の外部に設けることにより、真空チャンバ2内を排気して所定のスパッタ圧力に設定し得るようになされている。

40 【0013】ここで、カソード3は陰極電源9に電気的に接続され、動作時に所定の電圧を印加し得るようになされている。また、カソード3ではスパッタリング時にターゲット10がAr原子の衝突により発熱するため、本体部3Aの上部に形成された所定の空間からなる冷却水用の水路3Bに冷却水を流すことにより、水路3Bの上部に形成されたバッキングプレート3Cを介してターゲット10を冷却するようになされている。

【0014】またアノード4は真空チャンバ2の天井部分に取り付けられると共に、真空チャンバ2自体がアース接地されており、またアノード4の基板ホルダ11にウエハ12がターゲット10と対向するように取り付け保持されている。従つて、スパッタ装置1はスパッタ時にターゲット10が陰極として作動し、かつ基板ホルダ11及び真空チャンバ2の筐体部分が陽極として作動するようになされている。

【0015】實際上、スパッタ装置1は真空チャンバ2内をメカニカルポンプ7により粗引きした後、ターボ分子ポンプ8によつて所定のスパッタ圧力にするように真空引きし、ガス供給管5によりArガスを所定量供給する。そして、スパッタ装置1はカソード3及びアノード4との間の空間に所定の電圧を印加することによりプラズマを発生させ、さらに反応ガス(O₂ガス)を供給してターゲット10からはじき出されるスパッタリング原子(Si原子)と化学反応させ、基板ホルダ11に保持されたウエハ12表面に皮膜(SiO₂膜)を成膜するようになされている。ここで、シヤツタ6はスパッタリング時には回転してスパッタリング原子をウエハ12の表面に付着堆積し易いようになされており、スパッタリング時以外の例えばウエハ12がセットされていないときにはシヤツタ6によつて基板ホルダ11の表面がスパッタされないように防止している。

【0016】続いて、スパッタ装置1は真空チャンバ2の右側面に所定径のビューポート窓2Hが形成され、当該ビューポート窓2Hの外壁には真空チャンバ2の外壁に固定されたプラズマ制御装置20が設けられている。このプラズマ制御装置20は、真空チャンバ2の外壁に固定された光学ユニットボード21に撮像手段としてのCCDカメラ22が固定され、このCCDカメラ22によつて真空チャンバ2内に発生させたプラズマの発光状態を画像として取り込み、当該画像に基づいてプラズマの発光強度を検出して制御手段としてのマイクロコンピュータ30によつて電子温度を算出するようになされている。

【0017】ここで、図2に示すように、例えばプラズマ

$$N_n = \frac{N_{0gn}}{Z(T)} e^{-(E_n/kT)}$$

となる。

【0021】ここに、N₀を原子密度[cm⁻³]とし、E_nをn番目のレベルの励起エネルギーとし、g_nをE_nレベルにおける統計重値とし、さらにZ(T)を電子温度※

$$Z(T) = \sum_i g_i e^{-(E_i/kT)}$$

$$= g_0 + g_1 e^{-(E_1/kT)} + g_2 e^{-(E_2/kT)} + \dots \dots \dots (2)$$

と表せる。ここで、A_{m,n}をn番目レベルよりm番目レベルに落ちるときの遷移確率とし、ν_mをスペクトル線の

* マ中に存在するAr原子のスペクトル線強度のピーク(P₁、P₂及びP₃)は、Ar原子の回転エネルギー、振動状態及び原子エネルギーの違いによつて波長ごとに複数存在する。従つて、スパッタ装置1ではこのようにピークの異なるスペクトル線の波長にそれぞれ対応した波長選択透過膜をCCDカメラ22の各画素上の縦1列ごとに分けて取り付け、Ar原子の発光による光をそれぞれの波長選択透過膜を介して取り込めるようになされている。

10 【0018】図3は、Ar原子の発光による光を波長ごとに取り込むCCDカメラ22における撮像素子の画素部の断面構造を示す。CCDカメラ22は、半導体基板上にSiO₂の絶縁膜を介してポリシリコンの電極やAl電極を配設した一般的な構造となつており、Al電極の上の保護膜24を介して光透過膜25、オンチップレンズ26、当該オンチップレンズ26上に2層構造の波長選択透過膜27及び28が取り付けられ、当該波長選択透過膜27及び28を透過した光が半導体基板上に形成された受光素子29に受光されるようになされている。

20 【0019】實際上、図4に示すようにスパッタ装置1は撮像素子の画素部の縦1列ごとに波長にそれぞれ対応した波長選択透過膜(λ₁及びλ₂)が交互に取り付けられ、2種類の波長選択透過膜(λ₁及びλ₂)を介して受光素子29にAr原子の発光による光を波長ごとに取り込み、画像上での隣接する画素の発光強度比率に基づいて電子温度を算出し得るようになされている。

30 【0020】次に、プラズマの電子温度の算出方法を以下に説明する。プラズマ中に存在するAr原子のスペクトル線強度は、与えられた振動数の放射を生じる量子的遷移確率A_{m,n}と、対応する励起状態にある原子数N_nとhν_mとの積で決まる。ここにν_mはその光の振動数である。プラズマが熱平衡にあれば、n番目のエネルギーレベルに励起されている原子の数N_nは統計力学の法則に従うのでN_nは、次式

【数1】

$$\dots \dots (1)$$

※ Tでの問題としている原子の状態和とすると、Z(T)

は、次式

【数2】

振動数とし、hをプランク定数6.62619×10⁻²⁷[erg・s]とすれば、スペクトル線の強度I_mは、次式

【数3】

$$I_n = A_{nm} h \nu_n N_n = A_{nm} h \nu_n N_0 \frac{g_n}{Z(T)} e^{-(\epsilon_n/kT)} \dots\dots (3)$$

と表せる。

【0022】この(3)式において A_{nm} 、 g_n 、 $Z(T)$ がわかると I_n から T が求められる。そして

(3)式の対数を取り、 $k=1.38062 \times 10^{-14}$ [erg/°K] *
 * K]とし、 ϵ_n を[eV]単位で表すため $1[eV] =$
 1.60218×10^{-12} [erg]を用いると、次式
 【数4】

$$\log \frac{I_n \lambda_n}{A_{nm} g_n} = - \frac{1.16048}{T} \times 10^4 \epsilon_n + \log \frac{N_n h c}{Z(T)} \dots\dots (4)$$

を得る。但し、 $\lambda_n = c/\nu_n$ 、 $\nu_n = c/\lambda_n$ である。
 (4)式の右辺第2項は、 T 、 N_n が一定のときは
 定数項である。故に T と I_n との間には1対1の関係が
 あることとなり、 I_n を知れば T が求まる。ここで c は※

※光速であり、 $c=2.997725 \times 10^8$ [m/s]である。

【0023】あるいは、2本のスペクトル線の強度

I_{n1} 、 I_{n2} を知れば、(4)式より次式

【数5】

$$T = \frac{11605 \times (\epsilon_{n1} - \epsilon_{n2})}{\log \frac{A_{n1m1} g_{n1} \nu_{n1}}{A_{n2m2} g_{n2} \nu_{n2}} - \log \frac{I_{n1}}{I_{n2}}} \dots\dots (5)$$

が得られる。ここに、 ϵ_{n1} 、 ϵ_{n2} ； A_{n1m1} 、 g_{n1} ； A_{n2m2} 、 g_{n2} ； ν_{n1} 、 ν_{n2} は着目している原子の一对のスペクトル線に固有な値である。従つて、一对のスペクトル線の強度 I_{n1} 及び I_{n2} を測定すれば電子温度 T が求められるようになされている。

【0024】また、スパッタ装置1では上述の算出方法に基づいてCCDカメラ22によつて画像として取り込むプラズマの中央部分におけるAr原子の発光状態や、ウエハ12に最も近い部分のAr原子の光をCCDカメラ22により波長ごとに取り込み、画像上での隣接画素の発光強度比率に基づいてプラズマの部分ごとの電子温度をそれぞれ算出することにより、ウエハ12表面に均一な皮膜を成膜したときのプラズマの電子温度の状態(基準温度分布)を検出し得るようになされている。

【0025】従つて、スパッタ装置1は基準温度分布のときのプラズマ(以下、これを理想のプラズマと呼ぶ)の発光状態をCCDカメラ22で画像として取り込み、画像上での隣接画素の発光強度比率に基づいてマイクロコンピュータ30で電子温度を算出して予め記憶しておく、当該電子温度を基準電子温度として陰極電源9の印加電圧を制御して理想のプラズマを常に発生させ得るようになされている。

【0026】続いて、図5はスパッタ装置1において実際に発生させたプラズマを理想のプラズマに近づけるために印加電圧を調整して電子温度を制御する場合の処理手順を示す。スパッタ装置1では、まずRT1の開始ステップから入つて、ステップSP1に移る。ステップSP1において、マイクロコンピュータ30は理想のプラズマの発光による光をCCDカメラ22によつて波長ごとに取り込み、画像上での隣接画素の発光強度比率に基

づいて基準電子温度をマイクロコンピュータ30によつて算出して記憶する。

【0027】ステップSP2において、マイクロコンピュータ30は理想のプラズマの基準電子温度と真空チャンバ2内に発生させた実際のプラズマの電子温度とを比べて、当該実際のプラズマの電子温度が基準電子温度の許容範囲内に収まっているか否かを判断する。ここで否定結果が得られると、このことはスパッタ装置1における実際のプラズマの電子温度が基準電子温度の許容範囲内に収まっていないことを表しており、このときマイクロコンピュータ30はステップSP3に移る。

【0028】ステップSP3において、マイクロコンピュータ30は実際のプラズマの電子温度を基準電子温度の許容範囲内に収まるように印加電圧を調整し、実際のプラズマの電子温度を基準電子温度の許容範囲内に収めて理想のプラズマにした後、再度ステップSP2に戻つて上述の処理を繰り返す。

【0029】これに対してステップSP2において肯定結果が得られると、このことはスパッタ装置1における実際のプラズマの電子温度が基準電子温度の許容範囲内に収まっていることを表しており、このときマイクロコンピュータ30はステップSP4に移る。ステップSP4において、この場合スパッタ装置1は実際のプラズマの電子温度が基準電子温度の許容範囲内に収まっているので、そのままの状態処理を終了する。

【0030】以上の構成において、スパッタ装置1はCCDカメラ22の各画素上の縦1列ごとに2種類の波長選択透過膜(λ_1 及び λ_2)を形成したことにより、真空チャンバ2内に発生させた理想のプラズマ中に分散しているAr原子の発光による光を波長ごとに取り込ん

で、隣接画素の発光強度比率に基づいて基準電子温度を算出することができる。

【0031】このように、スパッタ装置1は基準電子温度を算出することにより、従来のような発光強度に基づいてプラズマを制御する場合と異なり、プラズマを制御するための明確な数値としての基準電子温度を設定することができる。従つて、スパッタ装置1は算出した基準電子温度を予め記憶しておき、当該基準電子温度をプラズマ制御のための目標温度として設定することにより、陰極電源9の印加電圧の制御を明確な目標温度に基づいて行うことができる。

【0032】また、スパッタ装置1ではプラズマの発光状態をCCDカメラ22によつて所定領域分の大きさの画像として取り込むことにより、当該画像に基づいてプラズマの中心部分や外側部分の電子温度をそれぞれ算出することができ、これによりウエハ12表面に均一な皮膜を成膜したときのプラズマ全体の電子温度の状態（基準温度分布）も検出できる。

【0033】従つて、スパッタ装置1では算出した基準温度分布に基づいて印加電圧を制御して実際のプラズマの電子温度を基準温度分布に近づけることができ、かくしてウエハ12表面の皮膜の膜質、結晶構造及び組成をウエハ12表面に均一な皮膜を成膜したときの状態にすることができる。

【0034】以上の構成によれば、スパッタ装置1ではCCDカメラ22の各画素の縦1列ごとに形成した2種類の波長選択透過膜（ λ_1 、及び λ_2 ）を介して理想のプラズマ中に分散しているArガスの発光による光を波長ごとに取り込み、画像上での隣接画素の発光強度比率に基づいて基準電子温度をマイクロコンピュータ30によつて算出して予め記憶しておき、当該基準電子温度に基づいて陰極電源9の印加電圧を制御することにより、実際に発生させたプラズマの電子温度を基準電子温度の許容範囲内に収めて理想のプラズマを発生させることができる。このように、スパッタ装置1は算出した基準電子温度に基づいて印加電圧を制御することにより、理想のプラズマを常に発生させることができ、かくしてウエハ12表面に均一な皮膜を常に成膜することができる。

【0035】（2）第2実施例

図1との対応部分に同一符号を付して示す図6において、スパッタ装置40は図1のスパッタ装置1のプラズマ制御装置20に代えてプラズマ測定装置41を新たに設けて構成されている。このスパッタ装置40は、プラズマ測定装置41によつてプラズマ中のスパッタリング原子（Si）やSi₂分子及びSiO分子がどのように分散しているかを検出して原子の分布状態を3次元形状位置ごとに算出しようとするものである。

【0036】實際上、スパッタ装置40は、まず真空チャンバ2内にプラズマを発生させない状態で分布状態を算出したい原子の波長にそれぞれ対応したレーザビーム

を色素レーザ42によつて照射し、当該レーザビームをビームエクspanderレンズ43及びスリット44を介して所定の大きさに広げた短冊状のスリット光にし、ガルバノミラー45によりスリット光の照射位置を少しずつシフトして平板46に照射する。平板46には、少しずつシフトされたスリット光によつて白、黒、白、黒……と見える縦縞状のラインが映し出されるので、レーザビームの波長に応じた波長選択透過膜が縦一列ごとに設けられたCCDカメラ47によつて平板46に映し出された縦縞状のラインを取り込み、画像フリーズ装置48によつて静止状態の基準画像として測定手段としてのマイクロコンピュータ49に予め記憶させておく。ここで、CCDカメラ47における撮像素子の画素部の断面構造は第1実施例のCCDカメラ22（図3）と同様である。

【0037】次に、スパッタ装置40は真空チャンバ2内にプラズマを発生させ、色素レーザ42、ビームエクspanderレンズ43及びスリット44を介して所定の大きさに広げた短冊状のスリット光を、プラズマを発生させない状態で平板46に照射したときと同じ状態でガルバノミラー45により照射位置をシフトしながら位置決めしてプラズマに照射させる。實際上、図7に示すように、スパッタ装置40はプラズマ中を分散している原子あるいは分子に短冊状のスリット光を照射して原子を基底状態から励起させて発光させることにより、短冊状のスリット光がプラズマ中を分散している原子あるいは分子の分布に応じたカーブ状のラインとして見える。

【0038】このように、スパッタ装置40は分布状態を算出したい原子にそれぞれ対応した波長のスリット光を、プラズマを発生させない状態で平板46に照射したときと同じ状態でプラズマに照射して、原子を励起させることにより生じたカーブ状のラインを静止画像として取り込む。これにより、スパッタ装置40は静止画像として取り込んだカーブ状のラインと、予めマイクロコンピュータ49に記憶させておいた基準画像の縦縞状のラインとのずれ量 δ に基づいてプラズマに分散している原子あるいは分子の分布状態を3次元形状位置ごとに算出し、当該分布状態に基づいて印加電圧値を調整したり、反応ガスの供給量を制御して常に安定した状態のプラズマを発生させるようになされている。

【0039】以上の構成において、スパッタ装置40は色素レーザ42によつてプラズマ中に分散している原子あるいは分子にそれぞれ対応した波長のレーザビームを照射し得るようにしたことにより、例えばスパッタリング原子に対応した波長のレーザビームがスパッタリング原子に照射されると、当該スパッタリング原子が励起されてカーブ状のラインとして見えるようになる。またSiO分子に対応した波長のレーザビームがSiO分子に照射されると、当該SiO分子が励起されてカーブ状のラインとして見えるようになる。このことは、Si₂分

子においても同様である。

【0040】このように原子あるいは分子が励起されてカーブ状のラインとして見える光を波長選択透過膜の形成されたCCDカメラ47によつて画像として取り込むことにより、基準画像の縦縞状のラインとのずれ量 δ を算出することができる。これにより、スパッタ装置40は各原子が励起されて見えるカーブ状のラインと、基準画像の縦縞状のラインとのずれ量 δ に基づいてプラズマ中に分散している原子あるいは分子の分布状態を3次元形状位置ごとに算出できる。例えば、スパッタリング原子の分布状態を算出した場合には当該分布状態に基づいてマイクロコンピュータ49が印加電圧値を調整して制御し、またSiO分子の分布状態を算出した場合には当該分布状態に基づいてマイクロコンピュータ49がバルブ31の開閉量を調整して反応ガスの供給量を制御して、常に安定した状態のプラズマを発生させることができる。

【0041】このように、スパッタ装置40はプラズマ中に分散している原子あるいは分子の分布状態を3次元形状位置ごとに算出し、理想のプラズマ中に分散するスパッタリング原子やSi₂分子及びSiO分子の分布状態に基づいて反応ガスの供給量をバルブ31を介して制御したり、あるいは負極電源9を調整して印加電圧値を制御することができ、これによりプラズマ中に分散している原子あるいは分子の分布状態を常に安定させて理想のプラズマを発生させることができる。

【0042】以上の構成によれば、スパッタ装置40はプラズマ中に分散しているスパッタリング原子やSi₂分子及びSiO分子にそれぞれ対応した波長のレーザービームを照射し、原子を基底状態から励起して発光させることにより、原子あるいは分子の分布状態を3次元形状位置ごとに算出することができる。これにより、スパッタ装置40は理想のプラズマ中に分散している原子あるいは分子の分布状態を基準として反応ガスの供給量、あるいは印加電圧値を制御して常に安定した状態の理想のプラズマを発生させることができ、かくしてウエハ12表面に均一な皮膜を常に成膜することができる。

【0043】(3) 他の実施例

なお上述の第1及び第2実施例においては、CCDカメラ22の画素上に配設されたチツプレズ26の表面に波長選択透過膜27及び28を形成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は受光素子29からオンチツプレズ26までの間であれば、図8に示すように受光素子29上に波長選択透過膜27及び28を形成するようにしても良い。この場合にも上述の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0044】また上述の第1及び第2実施例においては、CCDカメラ22の画素上に配設されたチツプレズ26の表面に波長選択透過膜27及び28を2層に形成するようにした場合について述べたが、本発明はこれ

に限らず、単層あるいは多層からなる波長選択透過膜によつて所定波長の光を取り込めるようにしても良い。

【0045】また上述の第1及び第2実施例においては、CCDカメラ22及び47の画素上に配設されたチツプレズ26の表面に形成された波長選択透過膜をCCDカメラ22及び47の画素上の縦1列ごとに分けて形成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、各画素ごとに波長の異なる波長選択透過膜を取り付けたり、また所定のエリアごと例えば4分の1づつ分割して4種類の波長選択透過膜を各エリアごとに取り付けるようにしても良く、さらには2個のCCDカメラを用いて各CCDカメラごとに波長の異なる波長選択透過膜を受光面に取り付けて用いるようにしても良い。

【0046】さらに上述の第1実施例においては、プラズマ中のAr原子の発光による光を波長ごとにCCDカメラ22で取り込み、画像上での隣接画素の発光強度比率に基づいて電子温度を算出するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、発光しない原子にレーザービームを照射して発光させ、当該発光による光をCCDカメラ22により波長ごとに取り込むことにより電子温度を算出するようにしても良い。

【0047】さらに上述の第2実施例においては、プラズマを発生させない状態で平板46に短冊状のスリット光を照射して映し出された縦縞状のラインを基準画像として用いるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要はプラズマの形状及び原子あるいは分子の分布状態を測定できればスリット光の形状には他の種々の形状のスリット光を用いるようにしても良い。

【0048】さらに上述の第1及び第2実施例においては、真空ポンプとしてメカニカルポンプ7やターボ分子ポンプ8を用いるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、クライオポンプ等の他の種々の真空ポンプを用いるようにしても良い。

【0049】さらに上述の第1及び第2実施例においては、本発明をスパッタリング装置1及び40に適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は反応ガスが供給された真空チャンバ2内に固定配置されたターゲット10と、当該ターゲット10と対向するように配置されたウエハ12との間に所定の電位差を与えてプラズマを発生させることによりウエハ12表面に皮膜を形成することができれば、マグネトロン方式のスパッタ装置等、他の種々のプラズマを発生する装置に適用するようにしても良い。

【0050】

【発明の効果】上述のように本発明によれば、所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互いに対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマ中に存在する原子の発光による光の強度比率に基づいてプラズマの電

子温度を算出し、当該電子温度に基づいて負極及び正極間に電位差を与えるための電圧値を制御することにより、常に安定した状態のプラズマを発生させることができ、かくしてウエハ表面に均一な皮膜を成膜することができる。

【0051】所定の反応ガスが供給された容器内の所定間隔離れた位置に互いに対向するように固定配置された負極及び正極間に電位差を与えることにより発生させたプラズマに所定波長の光ビームを照射し、当該プラズマ中に分散している原子を基底状態から励起させることにより生じる発光状態に基づいてプラズマ中に分散している原子の分布状態を測定することにより、当該原子の分布状態に基づいて反応ガスの供給量あるいは負極及び正極間に電位差を与えるための電圧値を制御することができる、かくしてウエハ表面に均一な皮膜を成膜することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるプラズマ制御装置に用いるスパッタ装置の第1実施例を示す略線の斜視図である。

【図2】本発明によるプラズマ中に存在するAr原子のスペクトル線強度のピークを示す特性曲線図である。

【図3】本発明によるCCDカメラの画素部の構造を示す断面図である。

【図4】本発明によるCCDの各画素上に形成された波*

*長選択透過膜の配置を示す略線図である。

【図5】本発明による基準電子温度に基づいて電子温度を制御する処理手順を示すフローチャートである。

【図6】本発明によるプラズマ測定装置に用いるスパッタ装置の第2実施例を示す略線の斜視図である。

【図7】本発明によるプラズマに照射したスリット光の曲がりからプラズマ中に存在するスパッタリング原子の分布状態の算出に供する略線図である。

【図8】本発明によるCCDカメラの画素部の他の実施例を示す断面図である。

【符号の説明】

1、40……スパッタ装置、2……真空チャンバ、3……カソード、4……アノード、5……ガス供給管、6……シャッタ、7……メカニカルポンプ、8……ターボ分子ポンプ、9……陰極電源、10……ターゲット、11……基板ホルダ、12……ウエハ、20……プラズマ制御装置、21……光学ユニットボード、22、47……CCDカメラ、25……光透過膜、26……オンチップレンズ、27、28……波長選択透過膜、30、49……マイクロコンピュータ、31……バルブ、41……プラズマ測定装置、42……色素レーザ、43……ビームエクステンダレンズ、44……スリット、45……ガルバノミラー、46……平板、48……画像フリーズ装置。

【図1】

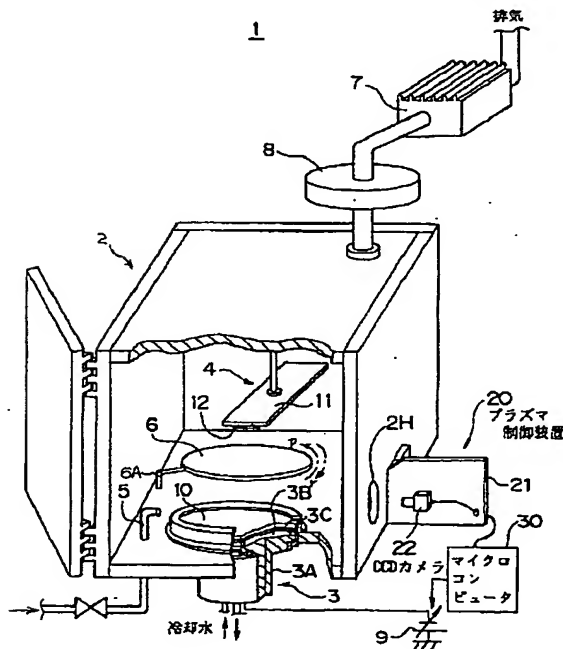


図1 スパッタ装置の構成

【図2】

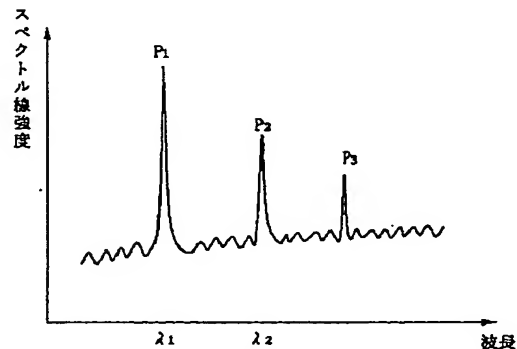


図2 スペクトル線強度のピーク

【図7】

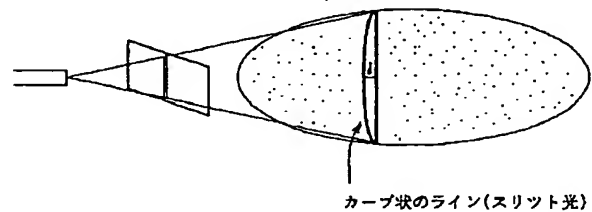


図7 プラズマに照射したスリット光の曲がり

【図3】

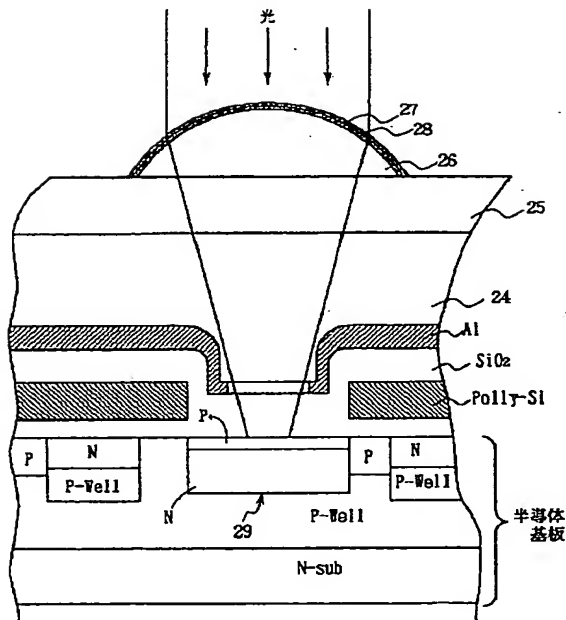


図3 CCD画素の断面構造

【図4】

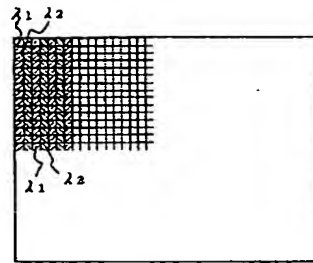


図4 CCDの各画素上に形成された波長選択透過膜

【図8】

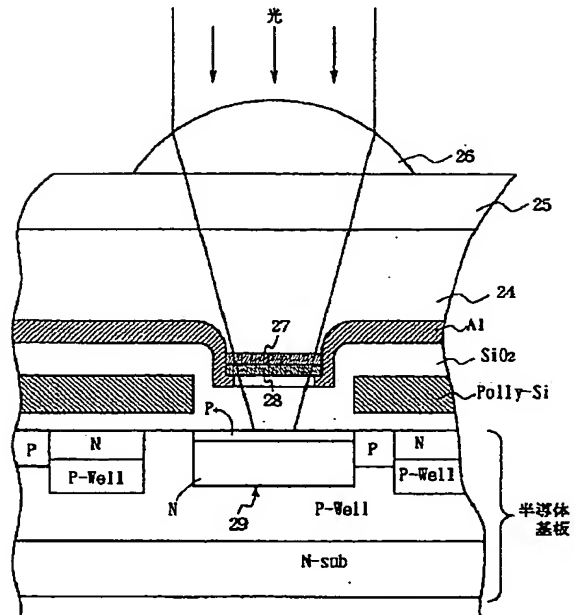


図8 他の実施例によるCCD画素断面

【図6】

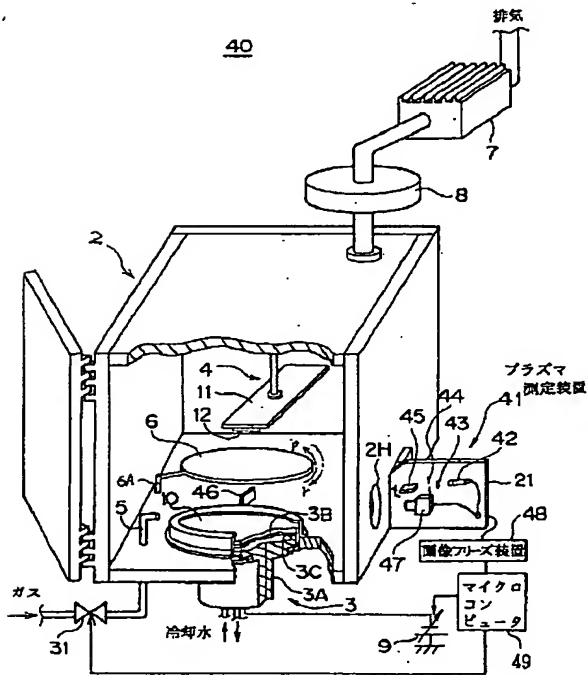


図6 スパッタ装置の構成

【図5】

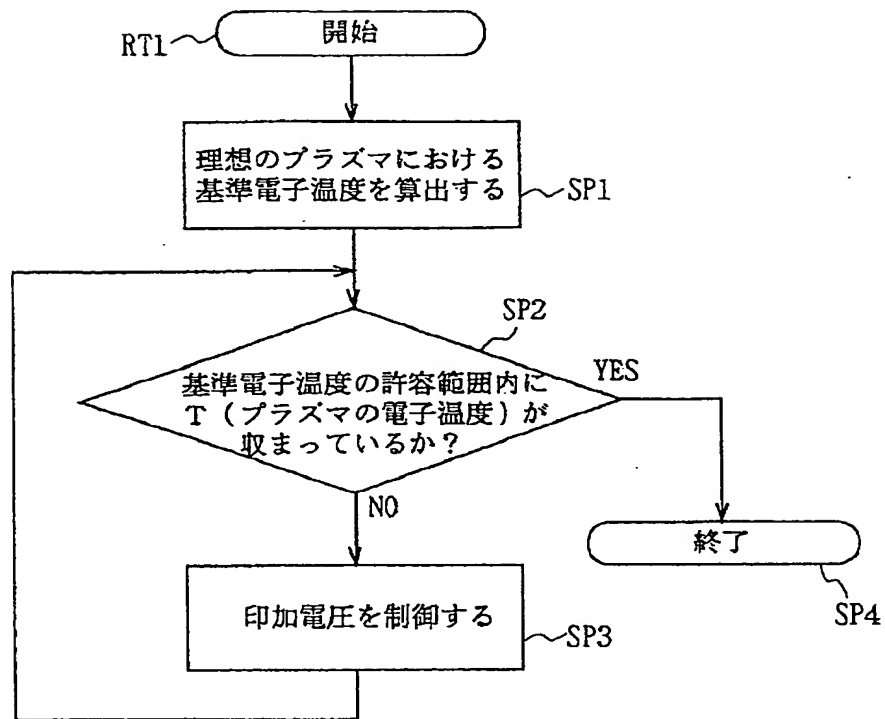


図5 プラズマの電子温度を制御する処理手順